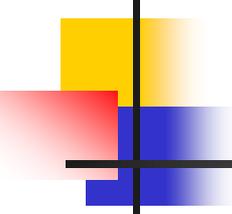


# 革新軽水炉に求められる特徴

---

名古屋大学 山本章夫

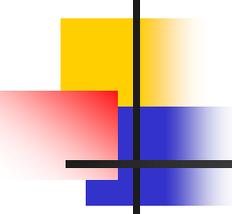
本資料は、日本原子力学会「社会と共存する魅力的な軽水炉の展望」調査専門委員会、「次期軽水炉の技術要件検討」ワーキンググループ(フェーズ1, 2)の検討結果を基にしています。



# はじめに

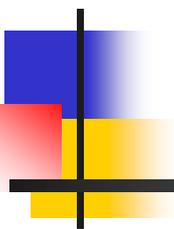
---

- 日本が抱えるエネルギー問題
  - 将来的な気候変動への対応
  - 電力の安定供給
  - 高止まっている電気料金
  - エネルギー自給率の低さ、など
- 2050 年カーボンニュートラル
- 原子力発電が果たすべき役割は？



# 日本原子力学会における革新軽水炉の検討

- 「社会と共存する魅力的な軽水炉の展望」調査専門委員会(2014年12月～2017年3月)
  - 次に導入が想定される軽水炉を対象に、軽水炉が備えるべき社会的受容性の基本要件をまとめ、それらに対して軽水炉が備えるべき技術的特性について議論
- 「次期軽水炉の技術要件検討」ワーキンググループ(フェーズ1、2018年6月～2020年5月)
  - 福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、既設炉に対する安全水準を大幅に高めた現行規制基準の考え方をベースにしつつ、設計段階から安全対策を講じることができる新設炉としての特長を活かし、深層防護の実装の考え方に沿った設計方針を検討し、より高い安全性を合理的に達成するための技術要件を検討
- 「次期軽水炉の技術要件検討」ワーキンググループ(フェーズ2、2022年2月～)
  - フェーズ1の議論を発展的に継続させ、次期軽水炉が社会に信頼されるコンセプトを有し、CN社会を実現させる現実的な選択肢になりうることを示すため、次期軽水炉の重要コンセプトの具体化を検討するとともに、それを実現するために考慮すべき規制や制度の考え方について検討を実施中



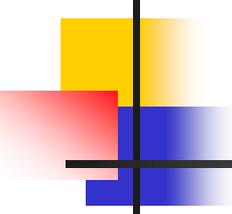
# 「社会と共存する魅力的な軽水炉 の展望」調査専門委員会の概要

---

2014年12月 ～ 2017年3月

報告書は以下からダウンロード可能(社会と共存する魅力的な軽水炉で検索)

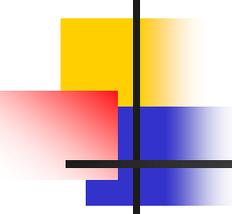
[https://www.aesj.net/sp\\_committee/com\\_lwr](https://www.aesj.net/sp_committee/com_lwr)



# 背景と目的

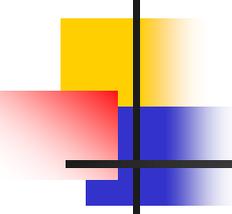
---

- 福島第一原子力発電所事故の教訓、エネルギー基本計画、軽水炉安全技術・人材ロードマップ等を踏まえ、軽水炉のあるべき姿に関する調査・議論を行う
  - エネルギー政策の基本視点であるS+3E(安全性+エネルギー安定供給、経済性、環境適合性)と調和する軽水炉が備えるべき社会的受容性及び技術的特性を議論
  - 軽水炉の設計を基本に立ち返って考える
  - 若年世代あるいは他学術・技術分野の研究者・技術者や学生が挑戦に値する魅力的な展望を描く



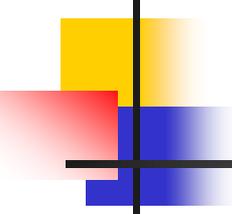
# 議論の方向性

- 現在の軽水炉は技術シーズや事業者のニーズを起点にフォアキャストで技術開発されてきた
  - 成熟された技術
  - 局所最適に陥っている可能性
- 社会と共存する軽水炉とは
  - 社会受容性を付加価値として考えるのではなく
  - 開発の初期から社会の多様な声を直接聞き (upstream engagement)
  - このニーズを達成するための安全の考え方や技術要件を検討
- 既存技術や安全性向上策の延長としての議論ではなく
- 社会的受容性を出発点とし、魅力のある研究分野の創出を念頭に、バックキャストの視点で魅力的な軽水炉像に必要な技術的要件を描く



# 議論の概要

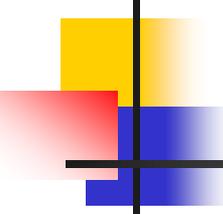
- 社会的受容性とそれから展開される基本要件
  - 社会学者、立地地域及び産業界等関係者、並びに原子力技術者の各ステークホルダーとの議論を通して抽出された軽水炉が有すべき社会的受容性
  - 上記の社会的受容性から展開される基本要件
- 技術的論点・検討
  - (1) 安全原則、安全目標、性能目標
  - (2) Practically Eliminated、Evacuation Freeの解釈と考え方
  - (3) 深層防護の実装
  - (4) 物理障壁
  - (5) 動的・静的安全系の位置づけ
  - (6) ライフサイクルを通じた統合設計
  - (7) 多数基・集中立地の考え方
  - (8) 経済性・エネルギー安全保障



# 社会的受容性と展開される基本要件 検討内容

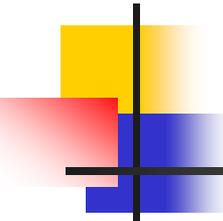
---

- 軽水炉に関するステークホルダーとの議論を通して、軽水炉が有すべき社会的受容性を検討
  - 社会学者
  - 立地地域関係者
  - 産業界関係者(主に原子力産業界)
  - 原子力技術者
- 各ステークホルダーとの議論を通して具体化した社会的受容性から、基本要件を展開



# 軽水炉が有すべき社会的受容性 社会科学の観点 (1)

- 原子力を取り巻く社会環境
  - 福島第一原子力発電所事故以降、既設炉の再稼働及び今後の原子力政策について否定的な意見が多数派であり、この傾向が固定化している
- 「価値共有」と信頼回復
  - 信頼: 社会的に肯定的に受け止められる良好実績の蓄積による漸進的な回復しかない(cf. スロヴィック「信頼の非対称性原理」)
  - これに加え、近年では「価値共有」が重要と判明
    - 「信頼が低い組織ほど、価値を共有しているという認識次第で信頼レベルが決まる」(中谷内一也)



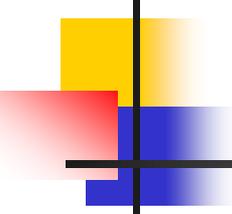
# 軽水炉が有すべき社会的受容性 社会科学の観点 (2)

---

- 「社会受容性」は付加価値ではない
  - 満たすべきスペックはすでに固まっており、「社会的受容性」らしきものを足す、という先入観を捨てる
  - そもそもどのようなスペックを満たすべきかが「社会の方から決まってくる」(谷口武俊)
  - 具体的な開発の初期から社会の多様な声を直接聞く必要がある(“Upstream Engagement”)

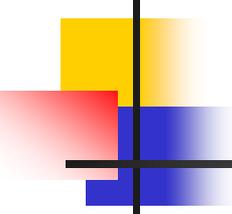
# 軽水炉が有すべき社会的受容性 社会科学の観点 (3)

- 「安全性」をめぐる論争とその含意
  - 福井地裁判決・仮処分決定(2015)
    - 判決が問題としているのは、「長期の避難を要するような広範囲の土地汚染の可能性の有無」の一点と言える
    - これについては、生活の基盤を破壊し、国の存立そのものを脅かす事態は発生確率の高低ではなく、具体的可能性の有無で判断すべき、としている
    - この点こそが、社会全体の懸念の核心、と捉えるべき
    - 取り得る対応策
      - 最大事故想定の縮小
      - 固有安全設計による過酷事故発生確率の大幅な低減等
  - 以上を求める社会の要求に謙虚・真摯に応える姿勢を明確にし、そのための工学的・政策的対応に明確にコミットすることは、信頼・支持回復に不可欠



# 軽水炉が有すべき社会的受容性 社会科学の観点 (4)

- 社会からの要求をめぐる他の論点の例
  - 廃棄物(高レベル、低レベル)処分時の優位性の考慮
  - 運転時の環境負荷低減
  - 他電源に対するコスト優位性
  - 将来的な人口減少・経済縮小を考慮したシステム
  - プルトニウム在庫問題への対応
  - テロ対策等セキュリティの配慮
  - 大規模集中電源における地域間公平性への対応
  - 気候変動リスクへの対応
  - 明快な技術・ロジックの設計
    - 例えばパッシブセーフティ



# 軽水炉が有すべき社会的受容性から展開される 基本要件

- 各ステークホルダーとの議論を通して具体化された軽水炉が有すべき社会的受容性を主に7つの価値判断基準に分類
  - 安全性
  - 環境適合性
  - 経済性
  - エネルギーセキュリティ
  - 核拡散抵抗性
  - 改善性・基準適合性
  - 運転性
  - (リスク負担の公平性)
- 各価値判断基準について、基本要件を展開
  - 各ステークホルダーとの議論を通して複数提示された社会的受容性のうち、より普遍性のある事項を基本要件とした

# 社会的受容性から技術的特性への展開

## 社会的受容性

### 価値判断基準

### 基本要件(抜粋)

安全性

- 長期・広範囲の土地汚染の実質的排除
- 個人のQOLの維持

核拡散抵抗性

- テロ対策、余剰Pu対応

環境適合性

- プラントのライフサイクルを考慮した設計

改善性・  
基準適合性

- 設計改善や設備の追加が容易に可能な設計

運転性

- 停止からの迅速な復帰
- 作業員被ばく低減

経済性

- 他電源に比肩するコスト優位性

エネルギー  
セキュリティ

- 安定的な電力供給

## 技術的特性に係る論点

### 安全設計

安全目標及び性能目標

深層防護の実装

Practically Eliminated,  
Evacuation Freeの解釈

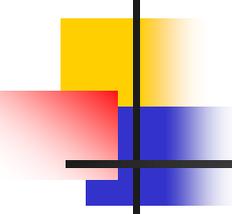
物理障壁

動的(Active)・静的(Passive)  
安全系の位置づけ

多数基、集中立地の考え方

ライフサイクルを通じた統合設計

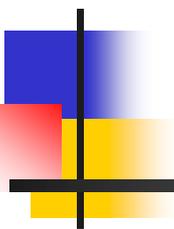
経済性・エネルギー安全保障



# 「社会と共存する魅力的な軽水炉の展望」 まとめ

---

- 福島第一原子力発電所事故の教訓、エネルギー基本計画、軽水炉安全技術・人材ロードマップ等を踏まえ、将来の軽水炉のあるべき姿に関する調査・議論を実施
- エネルギー政策の基本視点であるS+3E(安全性+エネルギー安定供給、経済性、環境適合性)と調和する軽水炉が備えるべき社会的受容性及び技術的特性を検討・とりまとめ
- 次に紹介する「次期軽水炉の技術要件検討」ワーキンググループの活動では、「社会と共存する魅力的な軽水炉の展望」調査専門委員会の議論が参考にされている。



# 「次期軽水炉の技術要件検討」ワーキンググループ(フェーズ1, 2)の概要

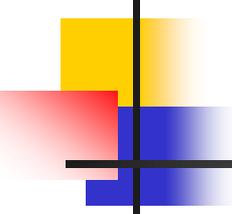
---

フェーズ1: 2018年6月～2020年5月

フェーズ2: 2022年2月～

活動報告、報告書などは以下からダウンロード可能(次期軽水炉の技術要件検討で検索)

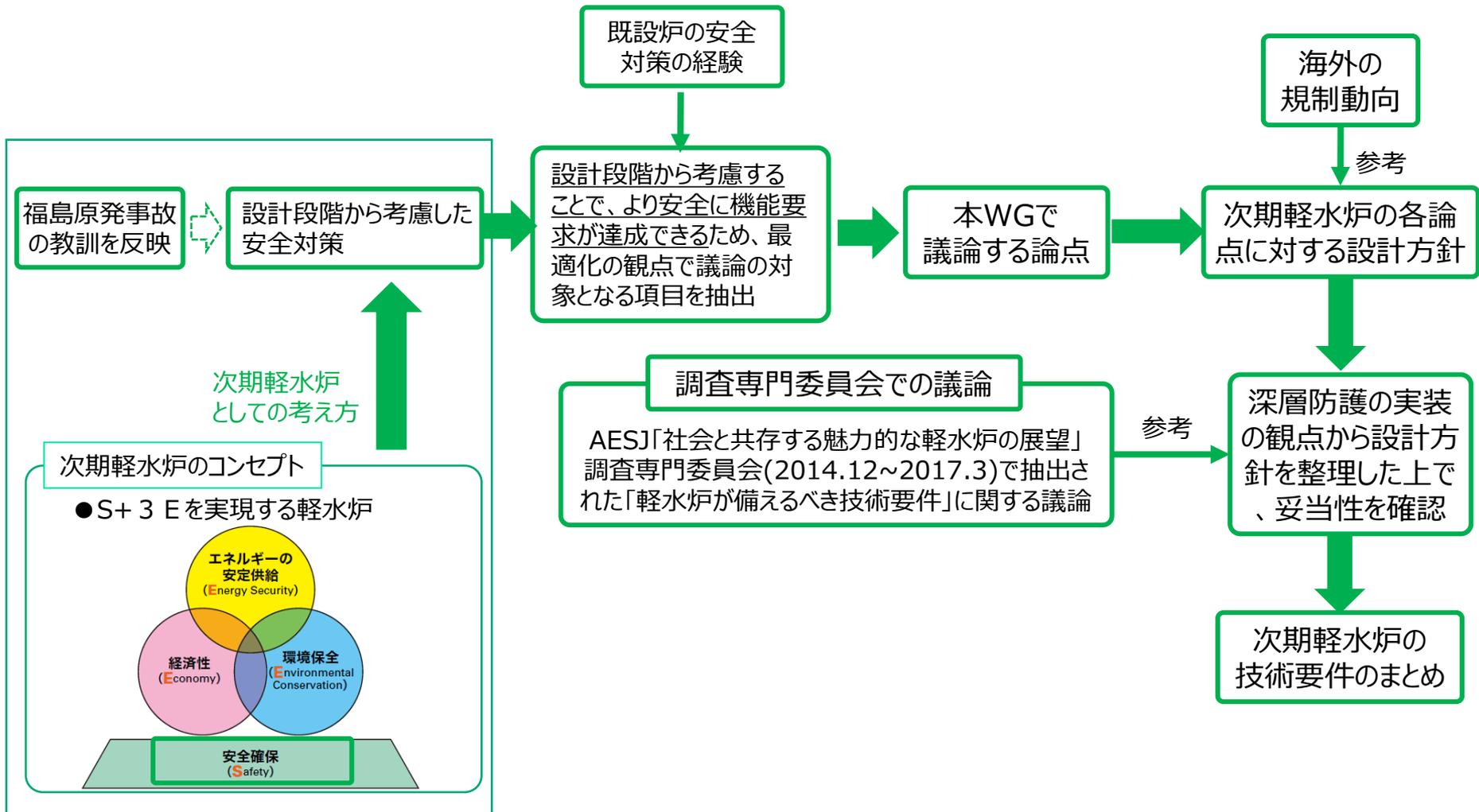
[http://www.aesj.or.jp/~hatsuden/katsudou/04\\_jikiroWG/jikiroWG\\_index.html](http://www.aesj.or.jp/~hatsuden/katsudou/04_jikiroWG/jikiroWG_index.html)



# 検討の目的と対象

- フェーズ1: 福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、既設炉に対する安全水準を大幅に高めた現行規制基準の考え方をベースにしつつ、設計段階から安全対策を講じることができる新設炉としての特長を活かし、深層防護の実装の考え方に沿った設計方針を検討し、より高い安全性を合理的に達成するための技術要件を検討
- フェーズ2: フェーズ1の議論を発展的に継続させ、次期軽水炉が社会に信頼されるコンセプトを有し、CN社会を実現させる現実的な選択肢になりうることを示すことを目的として、次期軽水炉の重要コンセプトの具体化を検討するとともに、それを実現するために考慮すべき規制や制度の考え方について検討を実施中
- 加圧水型軽水炉(PWR)を対象として検討

# 検討の概要(フェーズ1)



# 検討の概要(フェーズ2)

## 【最近の国レベルでの議論】

- エネルギー政策に関する議論
- CN宣言、安定供給レジリエンス、エネルギーコスト、等

## 【これまでの研究】(\*)

- これからの軽水炉の理想形提言
- 次期炉WG(フェーズ1):あるべき姿としての技術要件策定

(\*)「社会と共存する魅力的な軽水炉の展望」調査専門委員会(以下、「調査専門委員会」という)

## 【1】現実的に建設できる次期軽水炉の論点抽出

- 国レベルの議論で重要視される課題への解
- 安全性のみならず、環境への適合性、経済性、安定供給の総合的視点で有すべき社会的受容性の基本要件
- 国民から信頼されるコンセプトと実現のための環境作り
- ついては以下の視点で論点抽出
  - 次期軽水炉の現実味があり優れた重要コンセプト【2】
  - 重要コンセプト実現のために考慮すべき規制や制度【3】

(各論点に対する対応議論)

## 【2】次期軽水炉の重要コンセプト(例)

- 安全目標、外的事象への対応、新技術導入
- 核セキュリティとセイフティ(原子炉安全)との両立
- 設備利用率、稼働年数など経済性向上に関わる技術要件

## 【3】考慮すべき規制や制度(例)

- リプレースに対応する規制や制度の考え方(ex.性能規定化の観点、立地の適性評価等)

## 【4】WG成果の提言活動

- 公开发表、講演、シンポジウム等の対外活動
- ステークホルダーへの情報発信、認知と合意形成

# 革新軽水炉に 求められる特徴

## 社会的受容性から

1. 安全性
2. 安定供給
3. 経済効率性
4. 環境適合性

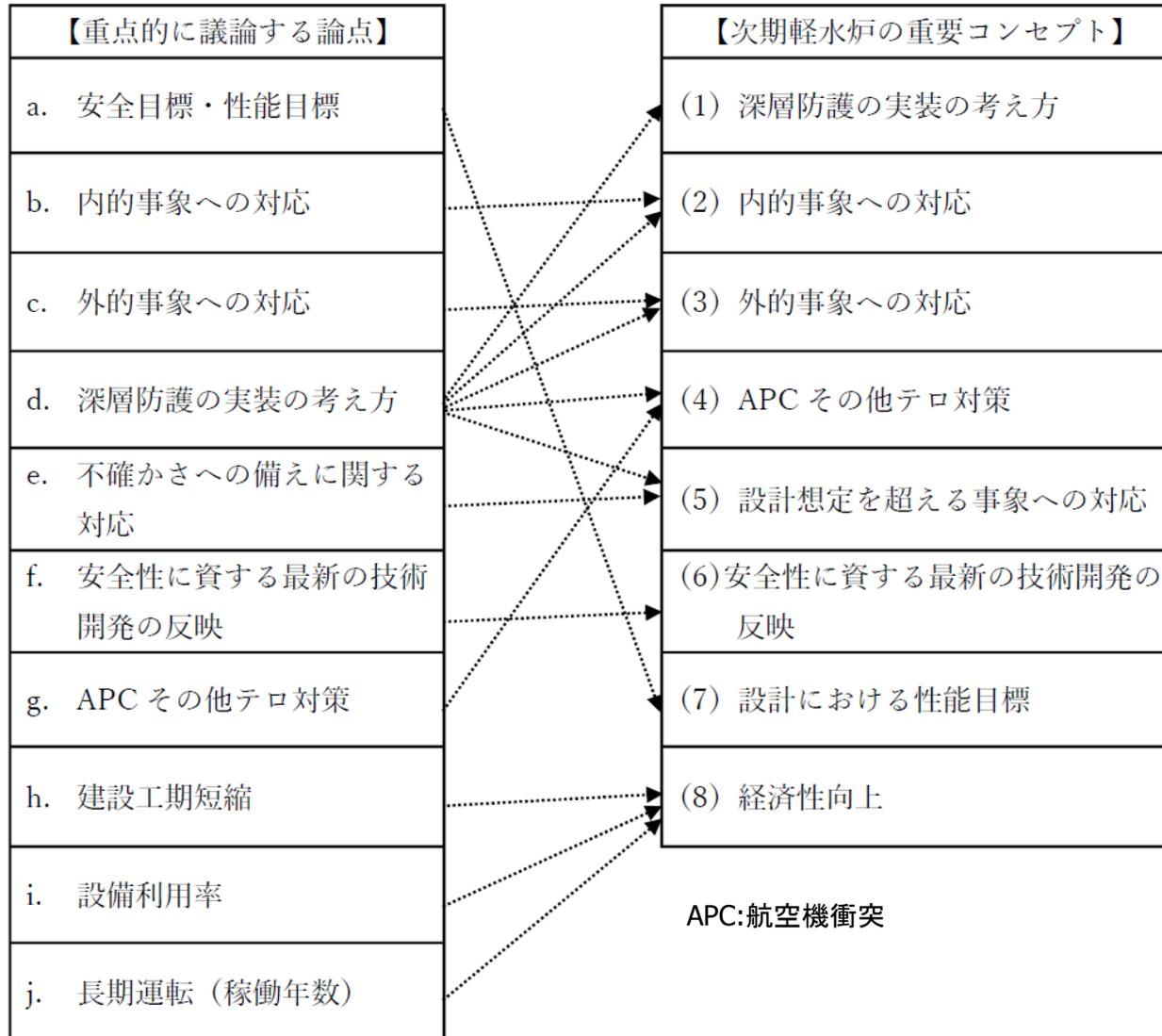
	社会的受容性の基本要件(注 1)
1 安全性	(1)国民の信頼回復への更なる努力
	(2)個人の QOL (Quality Of Life) を低下させない水準にリスクを抑制
	(3)広範囲の土地汚染の可能性の実質的排除
	(4)核セキュリティとセイフティの両立(テロ対策)
	(5)作業員の被ばく低減
2 安定供給	(1)核燃料サイクルの確立に向けた取組(Pu 消費の加速、Pu バランスの確保)
	(2)資源の安定的かつ低廉な調達
	(3)サプライチェーン構築・技術自給率も考慮
	(4)安定供給レジリエンス(自然災害やサイバー攻撃からの耐性、ダメージからの早期復旧、代替設備の確保などのエネルギー供給構造)
3 経済効率性	(1)電気料金、燃料費などのエネルギーコストを可能な限り低減
	(2)原子力のポテンシャルを最大限発揮(設備利用率の向上、長期運転の取組)
	(3)新たに導入される技術・システムのコストを可能な限り抑制
4 環境適合性	(1)プラントのライフサイクルを考慮した設計
	(2)通常運転時の環境負荷の低減
	(3)再エネ、水素・アンモニア、CCUS+化石火力と組み合わせることで 2050 年のカーボンニュートラル(CN)社会の実現

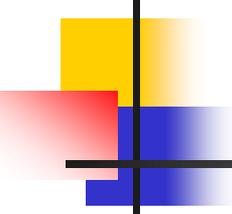
(注 1)下線部の項目は国レベルでの議論から導出された重要課題。無印は調査専門委員会からの引用。

次期軽水炉の設計項目・設計の特長(注 2)	該当
性能目標 [炉心損傷や CV 破損等に関する適切な性能目標の設定]	1(1) 1(2) 1(3)
内的事象への対応 [多重性・多様性・独立性の強化]	1(1) 1(2) 1(3)
外的事象への対応 [敷地計画、設備及び設備を内包する建屋の耐性強化、区画分離の徹底などの抜本対策を設計段階から考慮]	1(1) 1(2) 1(3)
深層防護の実装 [各防護レベルは適切な厚みを持ってバランス良く性能目標に適合]	1(1) 1(2) 1(3)
不確かさへの備え [事故シナリオや物理現象の不確かさへの配慮]	1(1) 1(2) 1(3)
安全性向上に資する新技術の反映	1(1) 1(2) 1(3)
APC その他テロ対策 [設備及び設備を内包する建屋の耐性強化、区画分離の徹底、対応設備の独立性確保などの抜本対策を設計段階から考慮]	1(1) 1(4)
セキュリティバイデザイン(物理的・サイバーセキュリティ対策)	1(4) 2(4)
MOX 燃料の適用性	2(1)
作業員被ばく低減を考慮した設計	1(5)
燃料の調達安定性(燃料投入量に対するエネルギー出力が大きく、数年にわたって国内保有燃料だけで生産を維持)	2(2)
準国産エネルギー(国内にサプライチェーンを持ち、国内企業に技術が集積)	2(2) 2(3)
所内単独運転(電力系統擾乱時の運転継続、即時復旧能力)	2(4)
発電コスト(建設コスト含む)	2(2) 3(1) 3(3) 4(1) 4(2)
設備利用率	3(1) 3(2)
長サイクル、定検短縮、計画外停止(信頼性)	3(1) 3(2)
長期運転(稼働年数)	3(1) 3(2)
出力・熱効率	3(1)
保守性・運用性	4(1) 4(2)
将来の改造やバックフィットへの柔軟性	
放射性廃棄物発生量の最小化	
廃炉時の優位性を考慮した設計	
カーボンフリー電源(再エネ、CCUS 火力などの他電源と協調できる運転性能)	3(3) 4(3)
日負荷追従運転、周波数制御運転	

(注 2)下線部の項目は WG フェーズ 1 でとりまとめた技術要件、及び実機設計に展開する上での重要事項を示す。無印は次期軽水炉の現計画におけ

# 革新軽水炉の論点と重要コンセプト



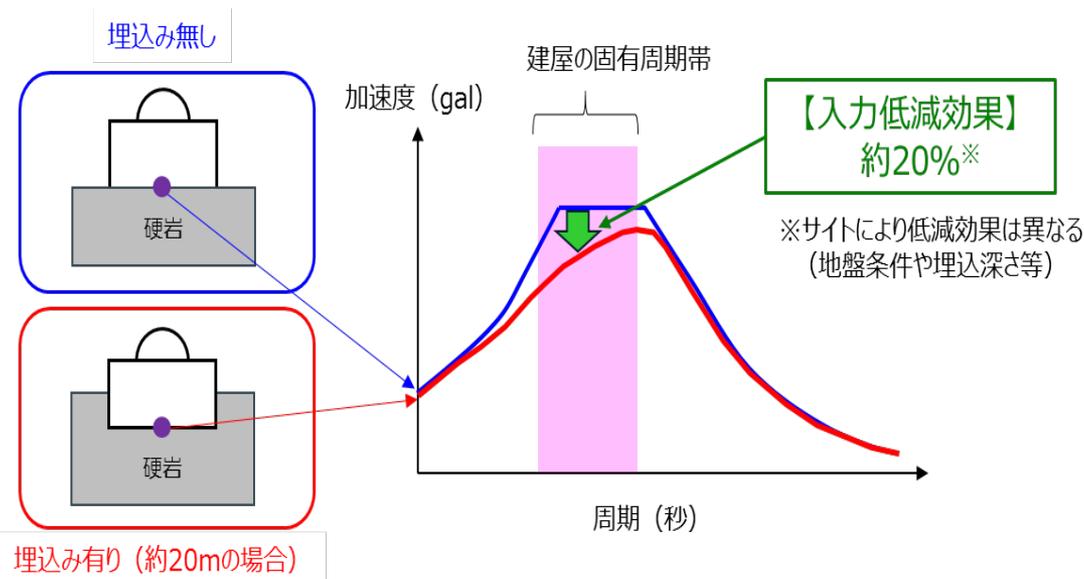


# 深層防護の実装

- 不確かさへの備えとして、多種の防護策を組み合わせることで、全体としてできるだけ防護の信頼性を向上させる概念
- 国際的に広く用いられている5層の深層防護をベースに検討
- 特定の防護レベルに過度に依存しないバランスの良い実装
- 事故シナリオなどの不確かさへの備えとして可搬型設備等を採用、発生頻度は低い但不確かさの大きな現象への防護策を考慮
  - 防護レベル1: 外部ハザードに対して抜本的な対策(建屋埋め込み、敷地レベルを津波基準高さ以上とする等)を実施。信頼性が増加し、防護性能として向上(防護レベル1~4bに共通)
  - 防護レベル2: DBA設備のトレン数増加及び区画分離により多重性、独立性を強化したことで、信頼性及び可用性が増加し、防護性能として向上
  - 防護レベル3: DBA設備のトレン数増加及び区画分離により多重性、独立性を強化したことで、信頼性及び可用性が増加し、防護性能として向上
  - 防護レベル4a: 恒設設備による対応としたことで管理・運用性が向上し、またAPC等への耐性を付加したことで、信頼性が増加し、防護性能として向上
  - 防護レベル4b: レベル4b設備と特重施設を統合し合理化を図るとともに、恒設化、APC等への耐性の強化を図ることで信頼性が増加し、防護性能としては既設炉と同等以上となる
  - 防護レベル5: 基本的には既設炉と同等

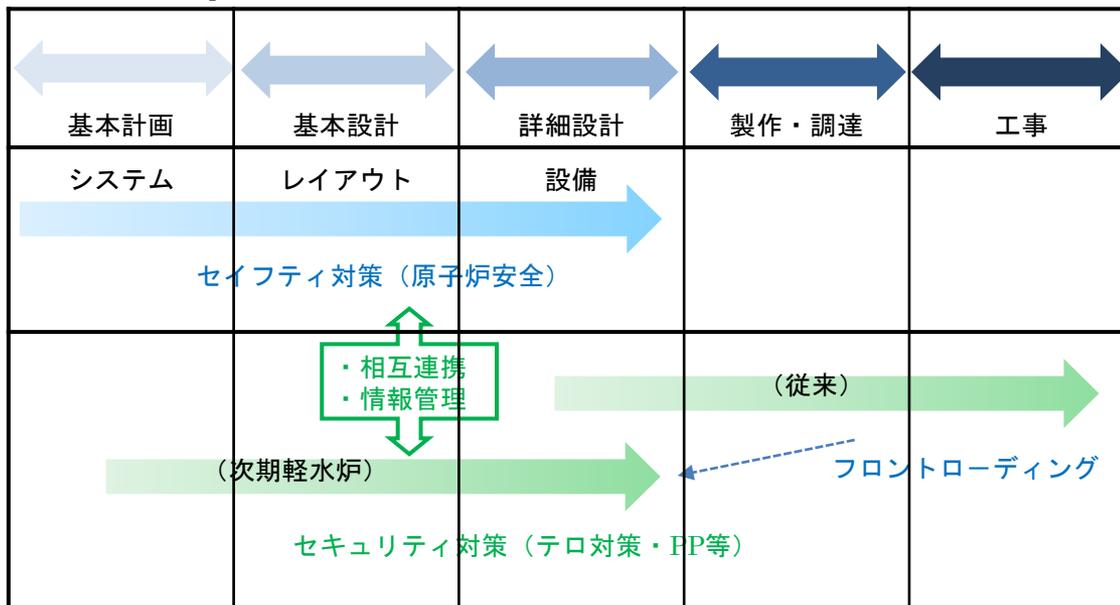
# 外的事象への対応

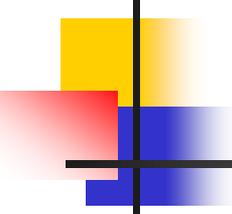
- 地震などの外的事象で発生する共通要因故障リスクへの対応方針・技術要求事項等について、再稼働した既設炉の幅広い知見を踏まえる
- 設備及び設備を内包する建屋構造の耐性強化、分離設計の徹底等の新設ならではの次期軽水炉の特長を基に検討
- 自然現象の属性を考慮：時間余裕、低頻度領域の扱い、機器・施設の耐力の特性、再来性、継続性、重畳、随伴など
- 検討例：耐震



# 航空機衝突(APC)その他テロ対策

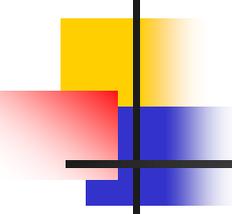
- テロによって生じる可能性があるプラントの状態(冷却機能の喪失や電源の喪失、運転機能の喪失等)を想定し、安全機能の防護に有効となる対応策を設計段階から計画
- 建屋の頑健化や区画分離の徹底、機器・設備のレイアウト適正化、多層かつ多様なサイバー攻撃対策等を設計要求として防護対策を実施
- テロ対策(核セキュリティ)、プラントの安全対策(セイフティ)、核物質防護(セイフガード)を設計段階から考慮





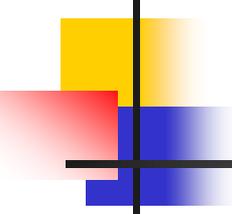
# 設計想定を超える事象への対応

- 過酷事故(SA)対策は設計段階から系統構成や配置の工夫などを取込むことで恒設設備を基本とした対応を主とする。
- 内的・外的事象を適切に考慮することで十分な耐久力及び多重性、多様性、独立性を確保して安全性向上を図る
- 事故シナリオにも不確かさがあり得ること、テロ対応においても想定を超える事象があり得ることを考慮
- 大規模損壊への対処としては、既設炉と同等の考え方で可搬型設備の配備とサイト外からの支援を想定
  - 大規模損壊への対処として配備される可搬型設備を防護レベル4a,4bの各種機能にも有効活用できるように、可搬型設備の仕様と接続方式の共通化などを設計段階から想定



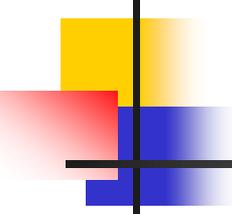
# 設計における性能目標

- 原子力施設等が安全目標に適合する安全性能を備えていることを判断するための目安であり、安全確保活動の広さと深さを検討するための指標
- 性能目標の例
  - 炉心損傷頻度: CDF (Core Damage Frequency)
  - 格納容器機能喪失頻度: CFF (Containment Failure Frequency)
  - 早期大規模放出頻度: LERF (Large Early Release Frequency)
- 革新軽水炉設計における性能目標
  - 炉心防護に関する設計目標: 指標にCDFを用い、 $10^{-5}$ /炉年未満
  - 人と環境への影響の防護に関する設計目標: 指標にCFF-2を用い、水準はCDFに対し概ね1/10を確保するものとして、 $10^{-6}$ /炉年未満、放射性物質放出量(Cs137換算)100TB以下
- 設計と評価のスパイラルアプローチ: 上記設計目標に対して防護策の有効性を定量的に評価し、必要に応じて設計にフィードバックすることで、設計の最適化を図る



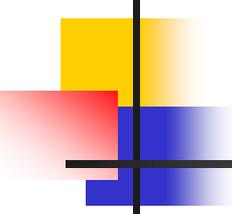
# 規制や制度の考え方

- より安全でより合理的な次期軽水炉のポテンシャルを最大限発揮できるための重要コンセプトについて、規制や制度の考え方を検討
- 検討すべき事項
  - 恒設主体のSA設備：現行規制基準では、SAの追加対策設備として可搬型機器を主に想定
  - 特定重大事故等対処(特重)施設とSA対策レベル4b設備の統合：現行規制基準はSA対策(CV破損防止)に加えAPC耐性を有する特重施設を設置する要求。他の防護レベルに比べて防護レベル4bに対策が集中→バランスの良い深層防護の実装を実現
  - 溶融炉心冷却対策(ウエットキャビティ方式、ドライキャビティ方式、in vessel retention方式)：現行規制基準はウエットキャビティ方式を想定。
  - 安全性向上に資する最新技術：新技術導入の予見性検討



# 立地適性評価の考え方

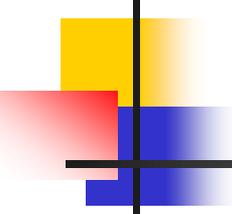
- 旧立地審査指針における「原則的立地条件」及び「基本的目標」で示されている立地の適性評価を構成する要素として、①ハザード特性、②公衆からの離隔、③適切な措置を講じうる環境、④社会的影響の4つを考慮
- リプレース・増設の場合
  - 現行規制基準の適合性審査で、①の観点でサイトのハザード特性、②の観点で重大事故対策の有効性評価、④の観点でCs137換算放射性物質放出量などを確認しており、また③の観点で防災計画の妥当性も別途確認されていることから、革新軽水炉も現行規制基準の考え方などを適用して立地の適性評価は可能と考えられる。
- 新規立地の場合
  - ①、②、④の観点では現行規制基準の考え方を適用可能であるが、防災計画の妥当性が確認されていないことから、③の観点で確認すべき事項を改めて検討することになると考えられる。



# その他の検討事項

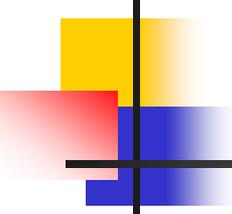
---

- 再生可能エネルギーとの協調を考慮した負荷追従性能
- 電力システムのレジリエンスを考慮した所内単独運転性能
- ライフサイクルを考慮した保守性・運用性の向上
- 従業員の被ばく低減を考慮した設計
- 核燃料サイクルを考慮したMOX燃料の適用性
- 地政学的リスク等を考慮した燃料の調達安定性



# 「次期軽水炉の技術要件検討」まとめ

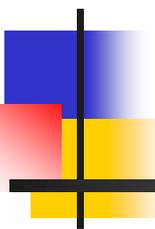
- 将来のカーボンニュートラル社会を実現させるため、次期軽水炉が社会に信頼されるコンセプトを有し、カーボンフリー電源の現実的な選択肢として成立していることを示す
- 社会的受容性の基本要件を整理し、次期軽水炉の設計の特徴を対比させて議論する論点を抽出。次期軽水炉の重要コンセプトの具体化とそれを実現するために考慮すべき規制や制度の考え方について検討
- 重要コンセプトとしては、深層防護の実装の考え方、内的・外的事象への対応、テロ対策、設計想定を超える事象への対応、設計としての性能目標等を検討
- 次期軽水炉の重要コンセプトを実現するために考慮すべき規制や制度の考え方、プラントを建設するにあたり規制や制度の視点として立地の適性評価について考察
- 次期軽水炉の重要コンセプトに関する技術要件、それを実現するため考慮すべき規制や制度の考え方については、今後、次期軽水炉の設計・建設が具体化していく際、関係者に参照されることを期待



# まとめ

---

- 日本のエネルギーを巡る環境や原子力発電が果たすべき役割を踏まえ、AESJにて2014年から今後の軽水炉が備えるべき要件を検討している。
- 「社会と共存する魅力的な軽水炉の展望」調査専門委員会では、GEN3+の次に導入が想定される軽水炉を対象として、備えるべき社会的受容性の基本要件や技術的特性を検討した。
- 「次期軽水炉の技術要件検討」ワーキンググループでは、2050年CNを目標に、2030年代運開を目指す革新軽水炉を対象に検討し、社会に信頼されるコンセプトを具体化、その技術要件をまとめた。さらに、それらコンセプトを実現可能にするために考慮すべき規制や制度の考え方をまとめた。
- 一連の活動が、今後の軽水炉に貢献できることを期待している。



# 參考資料

---

# 次期軽水炉の重要コンセプトと技術要件一覧

重要コンセプト	技術要件
(1) 深層防護の実装の考え方	<p>(a) 各防護レベル及び防護レベル全体の防護性能の確保 防護レベル内においては、防護策に適切な多重性又は多様性を持たせ、かつ独立性を確保することなどにより防護が有効であること。防護レベル間においては、各防護レベルの防護策が広義の独立性を確保すること。</p> <p>(b) バランスの良い深層防護の実装 プラント全体としての安全性を合理的・効果的に高めるために、各防護策に適切な防護性能を持たせ、かつ、特定の防護レベルに過度に依存しないようにすること。</p> <p>(c) SA対策の基本方針 管理・運用性及び信頼性の高い恒設設備を基本とした対応を主とすること。設計想定を超える事象に対して柔軟な対応が可能のように可搬型設備等を有効活用すること。</p> <p>(d) 不確かさへの備え 事故シナリオや物理現象の不確かさへの備えの対応として、発生防止と発生した場合の影響低減のための対応を講じることとし、発生頻度は低いが不確かさの大きい現象に対する防護策についても考慮すること。</p>
(2) 内的事象への対応	<p>(a) 共通要因故障の防止と防護レベルの信頼性向上 深層防護の考え方に従い、合理的に達成可能な範囲でレベル間の機能的な独立性を確保し、安全機能に重大な影響を及ぼす共通要因故障を防止すること。加えて、トレン数の増加や区画分離の徹底等によりレベル内の多重性又は多様性及び独立性を強化し各深層防護レベルの信頼性を向上させること。</p>
(3) 外的事象への対応	<p>(a) 共通要因故障の防止 外的事象の種類及びそれらの設計基準は、最新知見等を考慮の上、設計裕度を設けた上で、適切に設定すること。また、建屋の頑健化、敷地計画の適正化等により外的事象に対する高い堅牢性を持たせ、分散配置や区画分離の徹底等の効果的かつ合理的な対策を講じ、頑健化と深層防護の考え方に従い共通要因故障を防止すること。なお、対策を講じる際には自然現象の属性を考慮すること。</p>
(4) APCその他テロ対策	<p>(a) テロへの耐性の確保 建屋の頑健化や区画分離の徹底、機器・設備のレイアウトの適正化、多層かつ多様なサイバー攻撃対策等により、APCによる衝撃力・振動等からの防護、機器の同時損傷防止、侵入防止等のテロへの耐性を確保すること。</p> <p>(b) 安全設計と核セキュリティの両立を考慮した設計 設計段階において安全対策の設計プロセスにて核セキュリティ施策の設計をフロントローディングし、両立を考慮したプラント設計を構築すること。</p>
(5) 設計想定を超える事象への対応	<p>(a) 可搬型設備等の有効活用 外的事象や事故シナリオの不確かさ等、設計想定を超える事象があり得ることを考慮し、防護レベル4a、4bの各種機能(恒設設備で構築)に対して、より前段で事象進展を緩和し、その効果として時間的な裕度を確保するために、大規模損壊への対処として配備される可搬型設備に加え常用設備等を効果的かつ合理的に有効活用できるように、仕様及び接続方式等を共通化すること。</p>
(6) 安全性向上に資する最新技術の反映	<p>(a) 最新技術の反映に関する基本方針 最新技術の取り入れについては、概ね開発が完了し、また規制適合性も考慮された実証段階である技術を優先的に導入すること。</p>
(7) 設計における性能目標	<p>(a) 炉心防護に関する設計目標 指標にCDFを用い、水準は世界最高水準を目標として<math>10^{-5}</math>/炉年未満を設計目標とすること。</p> <p>(b) 人と環境への影響の防護に関する設計目標 指標にCFF-2を用い、溶融炉心対策の拡充等により、水準はCDFに対し約<math>1/10</math>を確保するものとして<math>10^{-6}</math>/炉年未満を設計目標とすること。</p> <p>(c) 設計と評価のスパイラルアプローチ 上記設計目標に対して防護策の有効性を定量的に評価し、必要に応じて設計にフィードバックすることで、設計の最適化を図ること。</p>
(8) 経済性向上	<p>(a) 効果的かつ合理的な建設工期の短縮 最新工法(大型モジュール化等)を適用できるように工事計画を設計段階から実施し、適用範囲や取合い条件等を配置や建屋構造等の設計に反映すること。</p> <p>(b) 設備利用率の向上(サイクル長の延長と定検期間の短縮) 燃料の最高燃焼度に応じて合理的なサイクル長を設定し設備設計すること。また、作業・点検の自動化や高速化等の技術導入やOLMの適用も考慮して定検短縮を図るものし、システム・配置設計や設備設計に反映すること。</p> <p>(c) 長期運転のための設計配慮 経年劣化事象等の監視及び対応について、最新知見も含め設計に反映すること。また、運転開始後の設備取替も想定した配置設計、検査性向上など状態監視が容易となる設備設計等を実施すること。</p>